

Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)
Volume 08, No. 3 (2019), hal 523-530.

METODE BLOK KRIGING UNTUK MENGESTIMASI CADANGAN EMAS

Luluk Hendriyana, Yundari, Yudhi

INTISARI

Kegiatan pertambangan berkembang pesat, tidak lagi dilakukan secara tradisional namun sudah dilakukan dengan bantuan tenaga mesin berupa bor. Pengolahan tambang dengan mesin sangat memberikan hasil yang lebih besar. Namun demikian tidak sedikit biaya yang dikeluarkan pemilik tambang untuk mengebor lubang menggunakan mesin. Hasil yang diperoleh belum tentu cukup untuk mengembalikan modal dan berakibat keuntungan menjadi menurun. Geostatistika berperan dalam membuat model matematika terhadap kasus-kasus yang berkaitan dengan fenomena alam untuk meminimalisir terjadinya kesalahan. Salah satu metode geostatistika adalah kriging, sedangkan metode yang digunakan pada penelitian ini adalah blok kriging. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa 15 lubang bor. Langkah-langkah dalam estimasi dengan menggunakan metode blok kriging yaitu menghitung nilai semivariogram eksperimental, memilih arah anisotropik, dan menghitung nilai semivariogram teoritis. Selanjutnya dilakukan pemilihan semivariogram teoritis terbaik berdasarkan nilai RSS terkecil, kemudian mencari bobot matrik dan bobot kriging. Dan dilanjutkan dengan mengestimasi cadangan emas dengan metode blok kriging. Hasil penelitian cadangan estimasi terbesar terdapat pada blok yang dipartisi pada lokasi ke 17 dengan nilai sebesar 0.1696 dan nilai variansi sebesar 0.0131.

Kata kunci: *Emas, Semivariogram, blok kriging*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai beragam jenis sumber daya alam yang melimpah, termasuk bahan galian pertambangan [1]. Tidak semua daerah mempunyai potensi tambang emas. Salah satu yang mempunyai tambang emas adalah Provinsi Kalimantan Barat tepatnya di daerah Kabupaten Kapuas Hulu. Tambang emas yang terdapat di kabupaten ini tidak hanya terdapat di daratan tetapi juga di Daerah Aliran Sungai (DAS). Aktifitas tambang emas di daerah aliran sungai (DAS) terus berlangsung setiap hari menggunakan mesin bor, cara kerjanya yaitu dengan menyedot pasir yang kemudian disaring dan dipisahkan emasnya menggunakan air raksa [2]. Akan tetapi akibat dari ketidaktahuan pasir mana yang mempunyai kadar emas, pemilik tambang secara sembarangan mengebor lubang, sehingga minyak yang digunakan untuk mesin semakin banyak. Hal ini berdampak bagi biaya yang akan dikeluarkan penambang untuk bekerja, hasil yang diperoleh belum tentu cukup untuk mengembalikan modal yang telah dikeluarkan. Jika kegiatan ini terus dilakukan tanpa mengetahui lubang mana yang mempunyai kadar emas, akan berdampak bagi penghasilan penambang menjadi menurun.

Masalah ini dapat diselesaikan dengan metode geostatistika. Geostatistika berperan dalam membuat model terhadap kasus-kasus yang berkaitan dengan fenomena alam untuk meminimalisir terjadinya kesalahan. Metode yang digunakan untuk mencari lubang mana yang mempunyai kadar emas adalah blok kriging. Metode ini mempunyai dua semivariogram yaitu semivariogram isotropik dan semivariogram anisotropik. Blok kriging merupakan teknik yang memperkirakan blok. Sedangkan semivariogram adalah diagram setengah variansi dari observasi spasial yang berada pada suatu jarak tertentu. Semivariogram isotropik hanya bergantung pada jarak dan tidak bisa memetakan hasil

perhitungan arah, sedangkan semivariogram anisotropik bergantung pada jarak h dan melibatkan faktor arah yaitu arah utara-selatan(0°), arah timur laut-barat daya(45°), arah timur-barat(90°) dan arah tenggara-barat laut(135°) [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mencari kriteria penaksir terbaik dari semivariogram anisotropik pada metode blok kriging. Selain itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan metode blok kriging dalam mengestimasi cadangan emas di Indonesia. Pada penelitian ini, proses perhitungan estimasi cadangan emas tidak melibatkan perhitungan isotropik, karena perhitungan isotropik telah diteliti oleh peneliti sebelumnya yaitu penelitian pada *confidence* titik panas kebakaran hutan menggunakan metode *ordinary kriging* [4]. Pada estimasi cadangan emas diasumsikan bahwa antar lubang bor memiliki jenis pasir yang sama. Selain itu, pada saat mempartisi titik sampel hanya dilakukan dengan arah horizontal dan vertikal tidak melibatkan arah diagonalnya.

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menghitung nilai semivariogram. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai semivariogram eksperimental, nilai yang telah diperoleh dapat menentukan model mana yang digunakan dalam mengestimasi cadangan emas. Proses pembentukan model semivariogram mempertimbangkan perubahan arah atau sudut anisotropik yang terdiri dari arah utara-selatan(0°), arah timur laut-barat daya(45°), arah timur-barat(90°) dan arah tenggara-barat laut(135°). Berikutnya keempat sudut anisotropik dilakukan uji stasioner data, yaitu data harus memenuhi syarat pada stasioner intrinsik dengan melihat plot data pada semivariogram eksperimentalnya. Perhitungan nilai semivariogram dilakukan pada keempat model yaitu Model *Ekspponential* Model *Spherical*, Model *Linear*, dan Model *Gaussian*. Setelah diperoleh model terbaik, selanjutnya dilakukan analisis struktural dengan tujuan untuk mencari nilai semivariogram teoritis yang nilainya mendekati nilai dari semivariogram eksperimentalnya. Perhitungan bobot berdasarkan lokasi yang diestimasi dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan estimasi cadangan di lokasi lubang bor yang berada disekitar titik awal.

VARIOGRAM DAN SEMIVARIOGRAM

Variogram merupakan karakteristik dari korelasi spasial, korelasi spasial yaitu korelasi antara dua buah data menjadi berkurang ataupun tidak berkorelasi sama sekali. Hal tersebut disebabkan oleh bertambahnya jarak dari data yang diambil. Variogram didefinisikan pada persamaan berikut [3]:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i + h) - Z(s_i)]^2,$$

dengan $2\gamma(h)$ merupakan nilai variogram dengan jarak h , $Z(s_i)$ merupakan nilai pengamatan di titik s_i , $Z(s_i + h)$ merupakan nilai pengamatan di titik $s_i + h$. Sedangkan semivariogram adalah setengah dari variogram. Semivariogram terbagi menjadi dua, yaitu semivariogram eksperimental dan semivariogram teoritis. Persamaan semivariogram eksperimental adalah sebagai berikut [3]:

$$\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i + h) - Z(s_i)]^2,$$

dengan $\gamma(h)$ merupakan nilai semivariogram dengan jarak h .

Hasil perhitungan pada semivariogram eksperimental dibandingkan dengan hasil perhitungan pada semivariogram teoritis. Hal ini bertujuan untuk menentukan model terbaik yang digunakan untuk menghitung nilai bobot pada metode blok kriging. Semivariogram teoritis terbagi menjadi 4 model, keempat model tersebut digunakan untuk mencari model semivariogram teoritis terbaik yang akan digunakan pada metode blok kriging. Keempat model semivariogram teoritis adalah sebagai berikut [3]:

a. Model Linear

$$\gamma(h) = \begin{cases} \frac{C}{a}h, & \text{untuk } h \leq a \\ C, & \text{untuk } h > a \end{cases},$$

b. Model Spherical

$$\gamma(h) = \begin{cases} C \left[\left(\frac{3h}{2a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{untuk } h \leq a \\ C, & \text{untuk } h > a \end{cases},$$

c. Model Eksponential

$$\gamma(h) = 1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right),$$

d. Model Gaussian

$$\gamma(h) = \left[1 - \exp\left(-\frac{3h^2}{a^2}\right) \right],$$

dengan h merupakan jarak lokasi antar sampel, C merupakan *sill* dan a merupakan *range*.

KRIGING

Kriging menggunakan pendekatan bahwa data analisis dianggap sebagai suatu realisasi dari suatu variabel random, dan keseluruhan variabel random yang dianalisis tersebut akan membentuk suatu fungsi random dengan menggunakan model struktural variogram [5]. Metode kriging digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai karakteristik \hat{Z} pada titik yang tidak tersampel berdasarkan informasi dari karakteristik titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut. Metode kriging merupakan metode khusus dalam *moving average* terbobot (*weighted moving average*) yang meminimalkan variansi dari hasil estimasi. Kriging adalah metode estimasi yang memberikan estimator BLUE (*Best Linier Unbiased Estimator*) dari nilai-nilai titik atau rata-rata blok [6]. Estimator *kriging* $\hat{Z}(s_0)$ dengan s_0 adalah kombinasi linear dari variabel random dengan s_i , hal tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\hat{Z}(s_0) - m = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(s_i) - m],$$

dengan m merupakan nilai mean (konstanta skalar), n merupakan banyaknya data dan λ_i merupakan bobot kriging.

BLOK KRIGING

Blok Kriging merupakan teknik yang memperkirakan sifat-sifat statis dari suatu blok serta untuk mencari nilai estimasi titik sampel yang terdapat pada suatu blok. Persamaan blok kriging diberikan oleh Persamaan (1) berikut:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \quad (1)$$

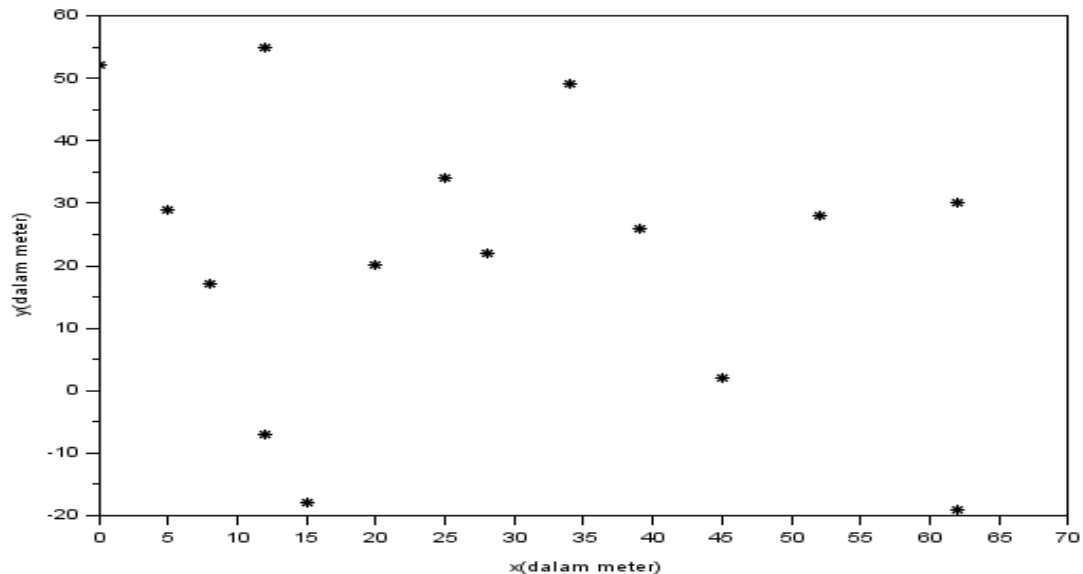
dengan $Z(s_i)$ adalah nilai pengamatan pada lokasi s_i , banyaknya sampel yang digunakan untuk estimasi didefinisikan dengan n , dan λ_i merupakan nilai bobot pada metode blok kriging, sedangkan $\hat{Z}(s_0)$ adalah nilai dugaan pada titik yang akan diduga. Estimasi pada metode blok kriging dimulai dengan menggunakan suatu titik hingga semua titik sampel. Sedangkan variansi diberikan pada Persamaan (2) berikut:

$$\sigma^2 = -C(s_0, D) + \sum_{i=1}^n \lambda_i C(s_i, s_0) + m, \quad (2)$$

dengan $C(s_0, D)$ merupakan semivariogram antara sampel yang akan di estimasi dengan semua titik sampel yang ada di blok.

METODE BLOK KRIGING PADA CADANGAN EMAS

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data cadangan emas di Indonesia yang diperoleh dari penelitian sebelumnya [2]. Data terdiri dari 15 lubang bor eksplorasi cadangan emas yang terdiri dari titik koordinat yaitu titik X sebagai absis dan titik Y sebagai ordinat, dimana X dan Y dalam satuan meter dan cadangan emas berupa kadar emas dalam satuan (g/m^2). Posisi titik-titik yang mempunyai cadangan emas dengan data dari [6] dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1 Plot Cadangan Emas

Adapun langkah-langkah estimasi cadangan emas adalah menghitung semivariogram eksperimental, semivariogram teoritis, analisis struktural, perhitungan bobot dan estimasi pada cadangan emas.

Semivariogram Eksperimental

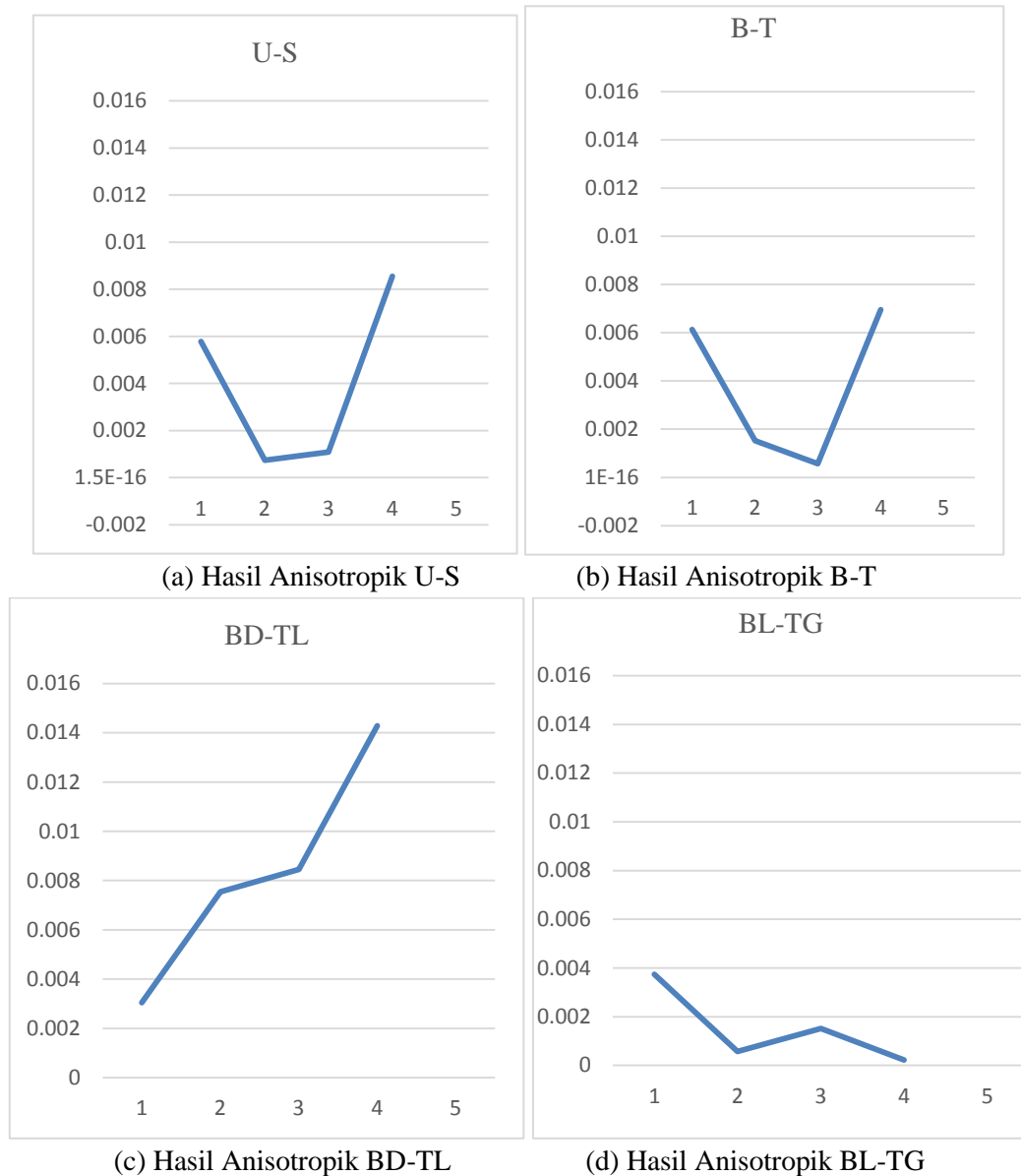
Langkah pertama perhitungan estimasi cadangan emas adalah perhitungan pada semivariogram eksperimental dari keempat arah sudut yaitu arah utara-selatan(0°), arah timur laut-barat daya(45°), arah timur-barat(90°) dan arah tenggara-barat laut(135°) yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Hasil Perhitungan Semivariogram Eksperimental 4 Arah

	$\gamma(1)$	N(1)	$\gamma(2)$	N(2)	$\gamma(3)$	N(3)	$\gamma(4)$	N(4)
U-S	0.00577	3	0.00073	2	0.00109	2	0.00855	3
T-B	0.00613	4	0.00152	2	0.00057	3	0.00696	1
TL-BD	0.00305	2	0.00754	4	0.00845	1	0.01428	1
TG-BL	0.00374	2	0.00057	2	0.00151	1	0.00022	1

Notasi U-S adalah Utara-Selatan, T-B adalah Timur-Barat, TL-BD adalah Barat Daya-Timur Laut, TG-BL adalah Tenggara-Barat Laut, sedangkan $\gamma(i)$ adalah Nilai semivariogram jarak i blok dan $N(i)$ adalah Banyaknya pasangan pada jarak i blok. Sedangkan Tabel 1 merupakan nilai dari jarak keempat arah yang banyaknya terdapat 4 blok dimana $\gamma(1)$ adalah jarak 1 blok sampai dengan $\gamma(4)$ yaitu jarak 4 blok. Selanjutnya terdapat 4 pasangan yaitu $N(1)$ adalah banyaknya pasangan 1 blok sampai dengan $N(4)$ yaitu banyaknya pasangan yang terdapat pada 4 blok.

Setelah nilai semivariogram eksperimental diperoleh, maka selanjutnya nilai tersebut akan dibuat plot untuk masing-masing arah anisotropik yang dapat dilihat pada Gambar 2 pada bagian (a), (b), (c) dan (d) berikut.

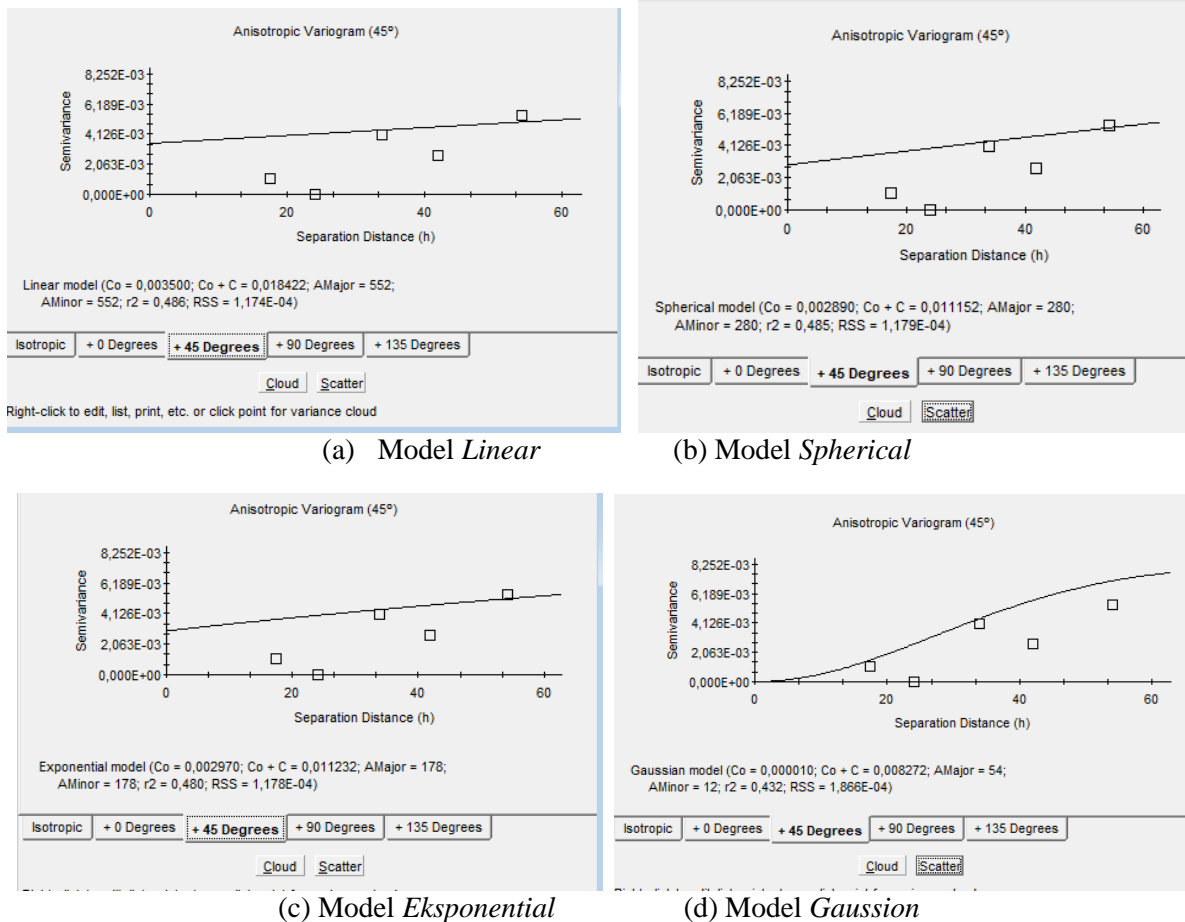


Gambar 2 Plot Hasil Dari Ke 4 Arah Anisotropik (a) arah U-S, (b) arah B-T, (c) arah BD-TL (d) arah BL-TG

Dari plot hasil semivariogram eksperimental yang diperoleh, maka yang memenuhi sifat stasioner intrinsik adalah arah timur laut-barat daya. Dikatakan stasioner intrinsik jika titik-titik pada plot selalu naik mencapai nilai *sill*. Dari gambar terlihat bahwa yang sesuai adalah arah timur laut-barat daya karena naik mendekati nilai *sill*. Sedangkan yang lainnya tidak memenuhi sifat stasioner intrinsik karena titik pada plotnya menurun [7].

Semivariogram Teoritis

Langkah selanjutnya adalah pendekatan semivariogram teoritis untuk arah timur laut - barat daya seperti yang terlihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3 Semivariogram Teoritis (a) Model *Linear*, (b) Model *Spherical*, (c) Model *Ekspontential*, dan (d) Model *Gaussian*.

Analisis Struktural

Langkah selanjutnya adalah analisis struktural yang digunakan untuk mencari semivariogram teoritis terbaik untuk arah timur laut-barat daya. Berdasarkan hasil plot pada Gambar 3, dilakukan perbandingan dengan melihat nilai RSS (*Root Sum Square*) yang terkecil. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Hasil Perbandingan keempat Model

	<i>Linear</i>	<i>Spherical</i>	<i>Ekspontential</i>	<i>Gaussian</i>
RSS	1.174E-04	1.179E-04	1.178E-04	1.866E-04

berdasarkan perbandingan yang telah diperoleh pada Tabel 2 Model *Linear* mempunyai nilai RSS terkecil dari ketiga model yang lain, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa Model *Linear* merupakan model terbaik pada semivariogram teoritis untuk arah anisotropik timur laut - barat daya.

Perhitungan Bobot

Pada perhitungan semivariogram telah diperoleh model semivariogram teoritis terbaik yaitu model *Linear*. Setelah memperoleh semivariogram teoritis yang sesuai dengan data cadangan emas, maka model tersebut digunakan untuk mengestimasi cadangan emas yaitu dengan cara menghitung bobot kriging menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X = A^{-1}B$$

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_i \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C(s_1, s_1) & C(s_1, s_2) & \dots & C(s_1, s_j) & 1 \\ C(s_2, s_1) & C(s_2, s_2) & \dots & C(s_2, s_j) & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ C(s_i, s_1) & C(s_i, s_2) & \dots & C(s_i, s_j) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C(s_1, s_0) \\ C(s_2, s_0) \\ \vdots \\ C(s_i, s_0) \\ 1 \end{bmatrix}$$

dengan A^{-1} merupakan invers matriks bobot antar titik sampel, B merupakan matriks titik sampel dengan titik yang akan di duga, dan X merupakan matriks bobot kriging serta nilai mean.

Estimasi Cadangan Emas Menggunakan Blok Kriging

Dari hasil bobot kriging yang telah diperoleh, maka dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2) dapat dicari estimasi cadangan emas dan nilai variansinya. Selanjutnya diperoleh nilai estimasi serta variansi cadangan emas yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Hasil Estimasi dan Variansi Cadangan Emas

s_i	Estimasi ($\hat{Z}(s_i)$)	Variansi (σ^2)
s_{16}	0,1012	0,0139
s_{17}	0,1696	0,0131
s_{18}	0,0489	0,0197
s_{19}	0,0373	0,0135
s_{20}	0,0612	0,0188
s_{21}	0,0487	0,0169
s_{22}	0,0609	0,0113
s_{23}	0,1121	0,0221
s_{24}	0,1511	0,0200
s_{25}	0,1459	0,0276
s_{26}	0,1469	0,0266

Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa estimasi cadangan emas $\hat{Z}(s_i)$ terbesar berada pada blok yang dipartisi pada lokasi ke 17 dengan nilai estimasi sebesar 0,1696 dan nilai variansi σ^2 sebesar 0,0131. Sedangkan untuk hasil terkecil berada pada lokasi ke 19 dengan nilai estimasi sebesar 0,0373 dengan nilai variansi sebesar 0,0135.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan pada data Faisal pada tahun 2005 bahwa arah anisotropik yang sesuai dengan kriteria stasioner intrinsik adalah arah barat daya – timur laut. Sedangkan model semivariogram teoritis terbaik adalah Model *Linear*. Dari sebelas blok yang telah diestimasi, diperoleh nilai estimasi terbesar yaitu pada blok yang dipartisi pada lokasi ke 17, dengan nilai estimasi sebesar 0,1696 dan variansi sebesar 0,0131.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih epada dosen beserta staf dan jajarannya di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Comdev & Outreaching Untan serta penyandang dana beasiswa bidikmisi Untan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutedi A. *Hukum Pertambangan*. Jakarta, Sinar Grafika; 2011.
 - [2] Pranoto VBD. *Penegakan Hukum terhadap Pertambangan Emas tanpa Izin di Kapuas Hulu*. Departemen Hukum, Fakultas Hukum Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Diterbitkan; 2009.
 - [3] Cressie NA. *Statistics for Spatial Data*. New York, John Wiley & Sons, Inc; 1993.
 - [4] Huda NM, Debarataja NN, Sulistianingsih E. Estimasi *Confidence* Titik Panas PADA Kebakaran Hutan Menggunakan Metode *Ordinary Kriging*. 2016; 5(1):61-68.
 - [5] Suprajitno M. *Pengantar Geostatistika*. Jakarta, Universitas Indonesia; 2005.
 - [6] Faisal F. Aplikasi Kriging Sekuential pada Penaksiran Cadangan Emas. 2005;1(1): 34-37.
 - [7] Armstrong, M. *Basic Linear Geostatistics*. Springer-Verlag, Berlin; 1998.
- Faisal F. Metode Kriging Blok pada Estimasi Cadangan Emas. In: Semirata BKS-PTN MIPA Wilayah Barat. 9-11 Juli 2016. Universitas Andalas Negeri Padang; 2006.

LULUK HENDRIYANA : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak,
lulukhendriyana@student.untan.ac.id

YUNDARI : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak,
yuendha@yahoo.com

YUDHI : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak,
dhye_dhoank@yahoo.co.uk
